

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
Fakulta strojní
Katedra energetiky – 361**

Návrh kremační pece s čištěním spalin

Proposal of Crematory Furnace with Flue Gas Cleaning

Vedoucí diplomové práce:
Vypracoval:

Prof. Ing. Pavel Kolat, DrSc.
Bc. Martin Vysloužil

Ostrava, 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Vysloužil**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T006 Energetické stroje a zařízení
Téma: **Návrh kremační pece s čištěním spalin**
Proposal of Crematory Furnace with Flue Gas Cleaning

Zásady pro vypracování:

Vypracujte projekční návrh kremační pece vybavené čištěním spalin s chemisorbčním filtrem a polosuchou vypírkou spalin. Proveďte technický rozbor etážových a plocho-nístějových pecí popište technologie podle BAT, metody čištění spalin a proveďte shrnutí vývoje kremačních pecí. Zpracujte výsledky emisních měření a proveďte výpočet doby setrvání spalin v dohořivací komoře kremačních pecí. Zpracujte a předložte formou rešerše literatury souhrn informací o koncepci moderních kremačních pecí jako podklad pro souhlas orgánů ochrany ovzduší ve smyslu § 11 odst. 1 písm. H, zákona 309/91 v platném znění o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami.

Tepelný výkon pece 350 kW / Tepelný výkon výměníku tepla 300 kW / Počet zpopelnění za 8 hod: 8-9

Seznam doporučené odborné literatury:

Rédr, M., Příhoda, M.: Základy tepelné techniky. Praha. SNTL, 1991. ISBN 80-03-00366-0
Sadik Kakac: Boilers, evaporators, condensers. John Wiley. USA. New York 1991. CIP 90-22486 v knihovně VŠB.

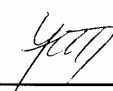
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Pavel Kolat, DrSc.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011





prof. Ing. Dagmar Buchelková, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu..

V Ostravě

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

.....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Martin Vysloužil

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Frýdek - místek
Slezská 187
73931 Řepiště

Anotace diplomové práce

Vysloužil M. Koncepce moderních kremačních pecí

Ostrava: katedra energetiky, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita

Ostrava: 2011, 52 stran, diplomová práce, vedoucí: Kolat P.

Diplomová práce se zabývá technologií kremačních pecí a měření emisí. První část obsahuje obecné informace týkající se popisu technologie kremačních pecí a technologie čištění spalín. Dále obsahuje přehled vývoje kremačních pecí. V druhé části se zabývám výpočtem doby setrvání spalín v dohořivací komoře, dále popisem a postupem při měření emisí. Poslední část obsahuje zpracování výsledků jednotlivých emisních měření. Práce dále obsahuje schémata kremačních pecí a tabulkové a grafické výstupy emisních měření.

Annotation bachelors work

Vysloužil M. Conception modern incinerators

Ostrava: Department of Energy Engineering

Faculty of Mechanical Engineering

VŠB-Technical University of Ostrava

Ostrava: 2011, 52 pages, diploma work, leader: Kolat P.

Bachelors work is concerned to technology incinerators and measuring emissions. First part contains generally informations concerned to description technology incinerators and technology purification burned pieces. Below contains review incinerators development. In second part it is concerned to description and order in measuring emissions and process component emissions measuring. Last part contains calculation time staying burned pieces in burn out chamber and scheme incinerators. Last concerns are charts and graphical outputs emissions measuring.

Obsah

1.	Úvod	9
2.	Legislativa	10
3.	Vývoj kremačních pecí	11
3.1	Rothenbachova konstrukce	11
3.2	Volckmannova – Ludwigova soustava	11
3.3	Brown Boveri	12
3.4	Fours Delot International	12
4.	Technický popis etážových a plocho-nístějových pecí	13
4.1	Etážová pec KE 400 firmy Fornax a.s. Karlovy Vary	13
4.2	Plocho-nístějová pec KFX 500 firmy Fornax a.s. Karlovy Vary	15
5.	Metody čištění spalin	17
5.1	Chemosorpční filtr typ IF ZW 6000	17
5.2	Polosuchá vápenná pračka spalin PV-F800	18
5.3	Koncepce pračky spalin PV-F 800	20
5.4	Popis hlavních částí pračky spalin PV-F800	21
6.	Kontrolní výpočet doby setrvání spalin v dohořivací komoře kremačních pecí	23
6.1	Režim při jmenovitém výkonu hořáků	25
6.2	Režim při žehu	26
7.	Krematoria – požadavky na emisní limity	29
8.	Postup a průběh při autorizovaném měření emisí	31
8.1	Účel měření	31
8.2	Způsob měření	34
8.3	Přístrojová technika	34
8.4	Měření koncentrace tuhých látek	37
8.5	Umístění měřicího místa	38
8.6	Postup při výpočtech	39
8.7	Odhad nejistoty měření	44
8.8	Průběh měření	45
8.9	Grafické znázornění emisních měření	46
9.	Výsledky měření na kremačních pecích KFX 500 a KE 400	49
10.	Závěr	51
11.	Přílohy	52

Seznam použitých značek a symbolů

označení	jednotka	název
Ar	%	obsah popelovin v palivu
c	%, ppm, mg/m ³ ,	objemová nebo hmotnostní koncentrace
D	m	hydraulický průměr
Eu		Eulerovo číslo
F	m ²	plocha
fN	kg/m ³	fiktivní vlhkost při norm.pod.
m	t, kg, g, mg, kg/hod,	hmotnost, hmotnostní tok
P	Pa, kPa, MPa	± tlak oproti pbar
Pbar	Pa, mbar	atmosférický tlak
AP	Pa	tlaková diference rychlostní sondy
Q	m ³ /hod	objemový průtok
Q/	MJ/kg MJ/m ³	výhřevnost paliva
Re	-	Reynoldsovo číslo
Sf	%	obsah síry v palivu
T	K	teplota
t	°C	teplota
V	m ³ dm ³	objem
w	m/sec	rychlost vzdušiny
W	%	obsah vody v palivu
P	kg/m ³	měrná hmotnost
0)	%	objemový podíl

Ostatní jednotky případně fyzikální veličiny jsou v textu hned popsány případně vysvětleny.

Zkratky:

ČIŽP – Česká inspekce životního prostředí

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

MVE – měrné výrobní emise

TZL – tuhé znečišťující látky

Indexy:

Bar – místní barometrický tlak vzduchu

ef – provozní podmínky vzdušiny v měřícím řezu

r – původní stav vzorku paliva

měř – měřená hodnota kyslíku

N – normální stavové podmínky vzdušiny

ref – referenční hodnota obsahu kyslíku

such – suchá vzdušina bez obsahu vodní páry

vlh – vlhká vzdušina

n.p. – normální stavové podmínky vzdušiny

Ostatní označení a zkratky jsou stejně jako fyzikální veličiny a jednotky v textu diplomové práce vždy hned vysvětleny.

1. Úvod

Cílem této diplomové práce je vypracovat projekční návrh kremační pece vybavené čištěním spalin s chemosorbčním filtrem a polosuchou vypírkou spalin. V první části diplomové práce je rozbor technologie plocho-nístějových a etážových pecí spolu s postupem čištění spalin a krátkým přehledem vývoje moderních kremačních pecí. Jako představitele technologie plocho-nístějových pecí jsem vybral kremační pec KFX 500 firmy Fornax a.s. Karlovy Vary. Pro technologii etážových pecí jsem zvolil etážovou pec KE 400 od stejné společnosti. V druhé části diplomové práce jsem zpracoval a formou rešerše literatury předložil souhrn informací o koncepci moderních kremačních pecí jako podklad pro souhlas orgánů ochrany ovzduší ve smyslu §11 ods.1 písm.H zákona 309/91 v platném znění o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami. Dále jsem se zabýval postupem, zpracováním a vyhodnocením výsledků emisních měření na již zmíněných kremačních pecích, spolu s výpočtem doby setrvání spalin v dohořivací komoře kremačních pecí.

Z pohledu konstrukce kremačních pecí a předpisů ohledně ochrany ovzduší spadá kremace pod legislativu spaloven odpadů.

Taktéž některé zmiňované technologie pro čištění spalin jako polosuchá vápenná pračka spalin PV-F800 se používají u spaloven odpadů.

Z tohoto důvodu se v rámci této diplomové práce vyskytují texty a normy vymezující pravidla pro spalovny a likvidaci odpadu. Zejména pak v druhé části této práce při popisu měření a postupu vyhodnocování emisí a také při vyhodnocení výsledků výpočtu setrvání spalin v dohořivací komoře.

2. Legislativa

Jak již bylo zmíněno v úvodu krematoria spadají z pohledu legislativy pod spalovny odpadů.

Z hlediska ochrany ovzduší je rozhodující zákon č. 309/91 Sb. o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami. Ten se měnil a novelizoval do dnešní podoby, kterou představuje zákon č. 483/2008 Sb.

Vyhláška č. 10/2005, která ruší předpis z vyhlášky č. 97/2000 Sb. Ministerstva životního prostředí ze dne 10.4.2000.

Sbírka zákonů 1992 odst. 5.1.2. Zařízení pro spalování zvláštního a nebezpečného odpadu.

Vyhláška MŽP č. 351/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb. seznam a katalog odpadů

Vyhláška MŽP č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech je hlavní právní norma v ČR, kterou se řídí nakládání s odpady.

Nařízení vlády č. 354/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu.

Vyhláška MŽP č. 355/2002 Sb., kterou se stanoví emisní limity a další podmínky provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší emitujících těkavé organické látky z procesů aplikujících organická rozpouštědla a ze skladování a distribuce benzínu.

ČSN 06 3090 – Zařízení pro termické zneškodňování odpadů, ČSN Praha, srpen 1997

3. Vývoj kremačních pecí

Při spalování mrtvol nelze použít stávajících konstrukcí spaloven, neboť mrtvola je kompaktní těleso s rozličným množstvím tuku s obsahem až 75% vlhkosti.

Poněvadž se pozůstalým zemřelého vydává popel, musí být vybaveny mineralizační komorou s přídavným hořákem zajišťující dokonalé vypálení ostatků.

Těla souchotinářů hoří těžce a potřebují až 3 hodiny, kdežto těla s vysokým obsahem tuků zkracují dobu žehu vysokým vývinem tepla.

3.1 Rothenbachova konstrukce

První spalovací pece na počátku minulého století byly postaveny ve spojení s plynovým generátorem na koks a plyn se v nich spaluje rekuperačním zařízením.

Po vytopení se provoz generátoru zastavil, rakev se zasunula a zahřátý vzduch z rekuperátoru začal kremační proces. Přivádění horkého vzduchu pod rakev zrychluje vývin destilátů z lidského těla. Tato konstrukce spotřebovávala 250-300 kg koksu na jednu kremaci, což bylo vedle nedokonalého spalování velkou závadou této technologie. Místo koksového generátoru se později začalo užívat svítiplynu se spotřebou 35-50 m³ plynu na jednu kremaci.

3.2 Volckmannova – Ludwigova soustava

Teprve tato soustava pracovala ekonomicky. Měla v kremační komoře v horní části 2 plynové hořáky se spotřebou 24 m³/hod svítiplynu a v dolní části 2 plynové hořáky 6 m³/hod. Spalovací vzduch se vedl vzduchovými tryskami po celém obvodu rakve. Průměrná doba kremace byla jeden a půl hodiny.

Při nepřetržitém kremačním provozu kromě počátečního vytopení 10 min. nebylo třeba přitápět a teplota neklesla pod 800 °C

3.3 Brown Boveri

Tato firma stavěla elektricky vytápěné pece, kde se použilo ohnivzdorného izolačního materiálu s malou tepelnou kapacitou. Do rekuperátoru v podobě úzkých kovových spirál se vháněl vzduch a vstupoval tenkými proudy do křemáčnického prostoru o teplotě 700 °C. Vzduch se ohříval v rekuperátoru na 370 °C. Spaliny se ochlazovaly z 660 °C na 230 °C. Pec se vytopila na 700 °C se spotřebou 450 kWh.

3.4 Fours Delot International

Tato francouzská firma vyrábí moderní současné systémy, jenž nacházejí uplatnění i v České republice. Staví monoblokové křemáčnické pece umístěné v úrovni podlahy. Počáteční fáze křemácení probíhá pyrolyticky.

Skládá se ze spalovací komory, dohořivací komory a druhotného ohniště. Průměrná doba křemácení je 75 až 90 minut. Celkový výkon dvou středotlakých hořáků na zemní plyn je 620 kW. Pracovní teplota je 800-1100 °C. Systém pyrolýzy „CAR“ u pecí C 411, C211 je patentově chráněn a umožňuje dokonalé ovládání procesu hoření.

Je opatřen pulverizační rampou s dvojím prouděním vzduchu.

Vodní mlha vstříknutá do prostoru pece upravuje teplotní a tlaková pole. Tento patentový systém zabraňuje přehřátí pece.

Nahřívání pece ze studeného stavu trvá 3.5 hod. se spotřebou zemního plynu pro ohřev 60 m³. Hodinová spotřeba zemního plynu při ustáleném stavu a trvání jednoho žehu 1 hod. je 10-15 m³/hod.

Dohořivací komora je nastavena na teplotu 850 °C a žádaná hodnota obsahu O₂ je 8-9%. Křemáčnické pece jsou v provozu ve Francii a Belgii. V Německu je dominantním výrobcem moderních křemáčnických pecí patentově chráněných firma IFZW Zwickau Industrieofen – und Feuerfestbau GmbH.

4. Technický popis etážových a plocho-nístějových pecí

Pro oba typy pecí je možno používat automatické monoblokové hořáky nebo průmyslové hořáky s kompletním regulačním a zapalovacím vybavením. Předností obou typů kremačních pecí, oproti srovnatelným konkurenčním výrobkům, je tzv. těžká vyzdívka, která se vyznačuje vysokou tepelnou akumulační schopností a vysokou tepelnou setrvačností.

Zpopelňování je cyklický a přerušovaný proces, při kterém se teplo v průběhu žehu jak spotřebovává, tak částečně vzniká. Těžká vyzdívka je schopná přebytky tepla akumulovat a v době zvýšené spotřeby opět do procesu vracet. Tím se stává celý spalovací proces teplotně stabilnější. Dochází ke snižování spotřeby stabilizačního paliva a ke snížení provozních nákladů. Stejnomořný provoz má příznivý vliv na proces odstraňování škodlivých emisí ze spalín.

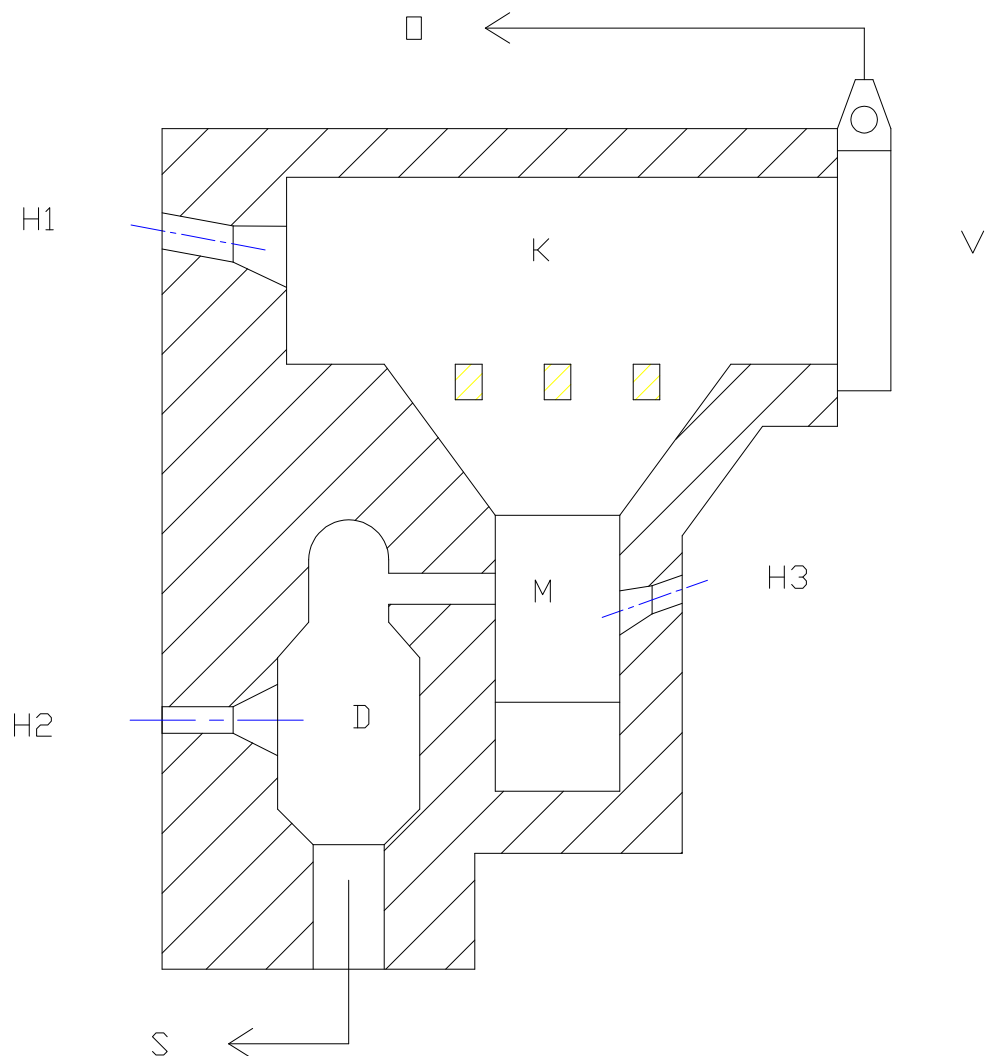
4.1 Etážová pec KE 400 firmy Fornax a.s Karlovy Vary

Etážová pec KE 400 se skládá ze spalovací kopky ,mineralizační komory a z dohořivací komory. Ve spalovací kopce je zabudován hořák o rozsahu výkonu 60-300 kW.

V dohořivací komoře, kterou musí projít veškeré spaliny ze spalovací kobky, dochází k termické likvidaci všech nespálených látek a pachů. K tomu slouží další hořák o rozsahu výkonu 60-300kW. V mineralizační komoře dochází k dopálení kostí na sklopném roštu.

Pro tento účel je instalován další hořák o výkonu 20-80 kW. Do spalovací kopky se přivádí řízené množství spalovacího vzduchu pomocí odstředivého ventilátoru. Odtah spalín je zajištěn kouřovým ventilátorem s regulací výkonu. Pecní dveře jsou otevírány vzhůru, pomocí elektromotoru.

Obrázek č. 1 Schéma Etážová pec KE 400



K – spalovací kobka

D – dohořivací komora

M – Mineralizační komora

V – vrata

O – odsávání spalin

H1 – hořák spalovací komory

H2 – hořák dohořivací komory

H3 – hořák mineralizační komory

S – sopouch

Tabulka č. 1 Technické parametry Etážové pece KE 400

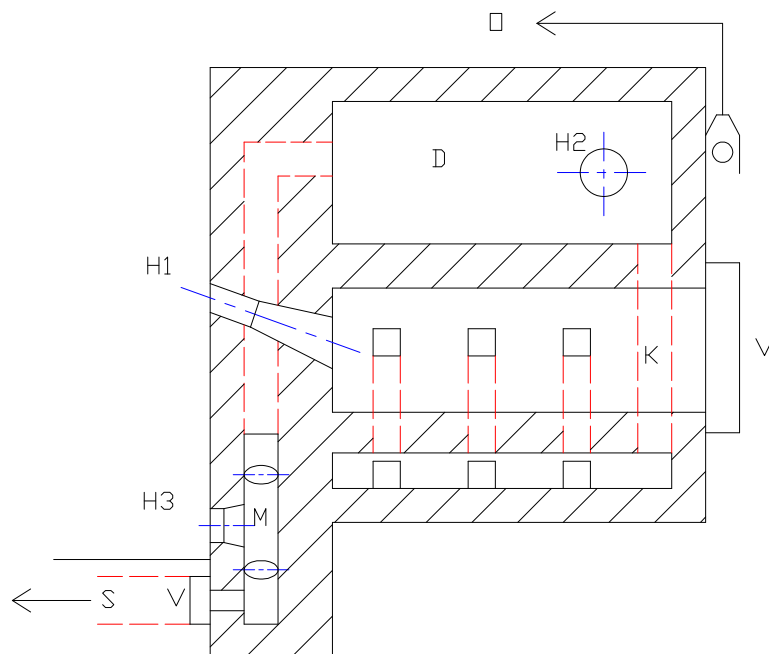
Veličina	Měrná jednotka	Hodnota
Rozměry užitečného prostoru		
Šířka	mm	900
Výška	mm	950
Délka	mm	2400
Jmenovitý příkon elektrické energie	kW	80
Jmenovitý příkon zemního plynu	kPa/m ³ /h	2.5/65
Minimální průměr komína	Mm	450
Doba ohřevu chladné pece na 650°C	Minuta	90
Spotřeba energie pro ohřev (chladná pec)	m ³ /h	45
Spotřeba energie pro 1 zpopelnění	m ³ /kW	30/35
Počet zpopelnění za 8 hodin	Počet	8-9
Ovládání	Volně programovatelný	
Vnější rozměry	mikroprocesor	
Šířka	mm	2400
Výška	mm	4400
Délka	mm	3250

4.2 Plocho-nístějová pec KFX 500 firmy Fornax a.s Karlovy Vary

Plocho-nístějová pec KFX 500 se opět skládá ze spalovací kopky, mineralizační komory a z dohořivací komory. Jednotlivé komory mají však odlišné dispoziční řešení. Ve spalovací kopce je zabudován 1 hořák o rozsahu výkonu 60-300 kW. V dohořivací komoře, kterou musí projít veškeré spaliny ze spalovací kobky, dochází k termické likvidaci všech nespálených látek a pachů.

K tomu slouží další hořák o rozsahu výkonu 60-300kW. V mineralizační komoře je instalován hořák pro dopálení kostí o výkonu 20-80 kW. Vzduchospalinový systém je řešen obdobně jako u pece KE 400

Obrázek č. 2 Schéma Plocho-nístějová pec KFX 500



K – spalovací kobka

V – vrata

H2 – hořák dohořivací komory

D – dohořivací kobka

O – odsávání spalin

H3 – hořák mineralizační komory

M – mineralizační komora

H1 – hořák spal. Komory S – sopouch

Tabulka č. 2 Technické parametry Plocho-nístějová pec KFX 500

Veličina	Měrná jednotka	Hodnota
Rozměry užitečného prostoru		
Šířka	mm	900
Výška	mm	900
Délka	mm	2400
Jmenovitý příkon elektrické energie	kW	80
Jmenovitý příkon zemního plynu	kPa/m ³ /h	3.0/65
Minimální průměr komína	Mm	450
Doba ohřevu chladné pece na 650°C	Minuta	120
Spotřeba energie pro ohřev (chladná pec)	m ³ /h	75
Spotřeba energie pro 1 zpopelnění	m ³ /kW	30/35
Počet zpopelnění za 8 hodin	Počet	8-9
Ovládání	Volně programovatelný	
Vnější rozměry	mikroprocesor	
Šířka	mm	2486
Výška	mm	4300
Délka	mm	4100

5. Metody čištění spalin

S ohledem na přísné emisní limity v Evropské unii jsou oba typy kremačních pecí vybaveny zařízením pro čištění spalin, které dodržení těchto limitů garantuje.

Jedná se o chemosorbční filtr typu SF 6000 a polosuchou vápennou pračku spalin PV-F800. Obě tyto zařízení mohou být instalovány i na jiné typy moderních kremačních pecí.

5.1 Chemosorpční filtr typ IF ZW 6000

Tento filtr pracuje na principu suché sorpce a je řešen jako dvoustupňový. Spaliny z kremační pece jsou ochlazeny v tepelném výměníku a proudí do sorpčního filtru, směrem vzhůru přes sorpční vrstvu, při čemž dochází k chemické vazbě škodlivin. Prachové částice jsou současně odlučovány absorpcí.

Sorpční materiál je průběžně odstraňován a nahrazován novým. Odstraňuje se vždy nejnižší vrstva, která je znečištěna nejvíce. Výměna sorpčního materiálu je regulována s ohledem na znečištění surových spalin a intervaly jsou odvozeny od údajů diferenciálního manometru.

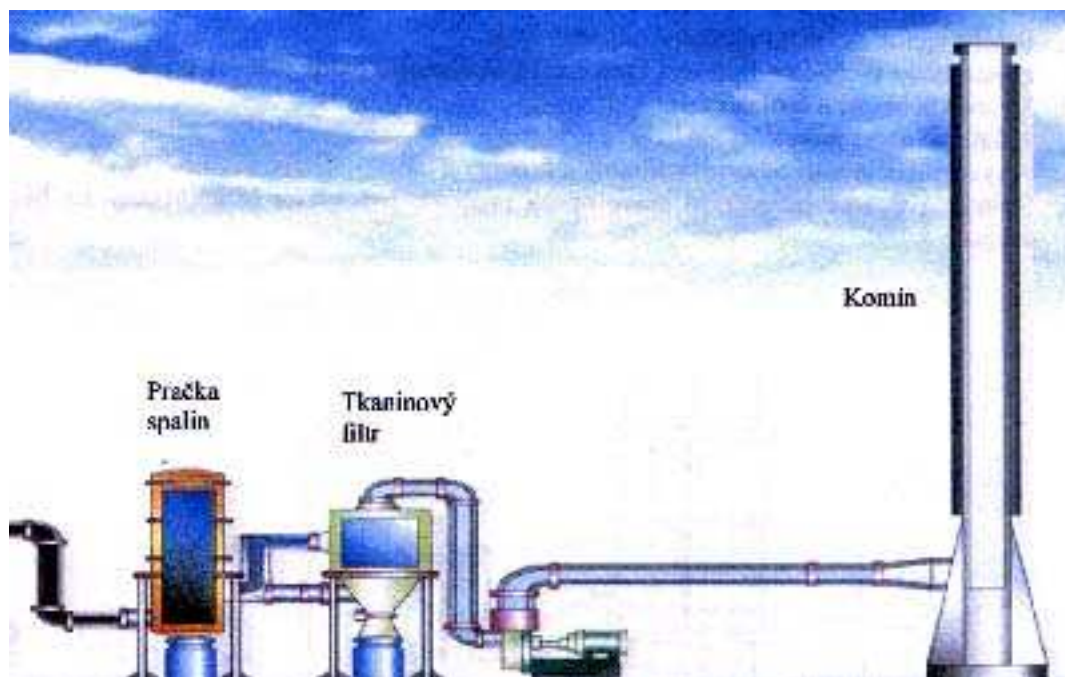
Odebraný sorpční materiál je doplňován do horní části filtru v množství odpovídajícím odebranému. Znečištěný sorpční materiál je shromažďován do sběrných nádob, které musí být ukládány na skládku odpovídající kategorie na základě obsahu škodlivin, zejména s ohledem na vyluhovatelnost.

Tabulka č. 3 Technické údaje chemosorpčního filtru IFZW SF 6000

Rozměry filtračních komor	1700 x 1700 x 2100 mm
Potřebná půdorysná plocha	2100 x 3800 mm
Celková výška	5600 mm
Náplň první komory	Filtrační granulát na bázi vápna
Náplň druhé komory	Filtrační granulát na bázi vápna s 10% podílem vysokopecního koksu
Provozní hmotnost	8000 kg
Vstupní teplota spalin	190 °C
Výstupní teplota spalin	160 °C
Obměna filtračního materiálu při tlakové diferenci	3 – 4 kPa

5.2 Polosuchá vápenná pračka spalin PV-F800

Obrázek č. 3 PV-F800



Pračky spalin typové řady PV-F 800 jsou technologickým celkem vhodným k čištění spalin od škodlivin na bázi SO₂, Cl, F, oxidů těžkých kovů a popílku. Jsou řešeny jako autonomní zařízení, zařazené do technologické linky spalovny odpadů. Zařízení je vyráběno ve dvou základních velikostech rozmezí 1 500 - 80 000 N m³/h spalin. V případě velmi znečištěných spalin je možno řadit dvě pračky do série, čímž se podstatně zvýší účinnost vypírky.

Pračka spalin PV-F 800 je také velmi vhodná k čištění spalin, obsahující PCDD/PCDF. V případě většího množství těchto látek ve spalinách je však nutno, namísto běžně používaného vápenného hydrátu, použít sorbent s obchodním názvem VAPECARB.

Jedná se o vápenný hydrát s příměsí aditiva na bázi aktivního uhlí. Provozní zkoušky prováděl výrobce nezávisle na stejném druhu pračky s dobrými výsledky. Součástí každé jednotky je provozní nádrž na sorbent opatřená míchadlem a kompletem tří dávkovacích čerpadel. Přísávací klapka studeného vzduchu, sloužící pro nouzovou ochranu filtrační tkaniny, je společná pro celou pračku a je umístěna na výstupním kouřovodu mezi pračkou a filtrem.

Ovládání je společné pro všechny varianty praček. V případě, že je požadavek na velmi vysokou účinnost vypírky (95%), je možno řadit dva reaktory pračky do série. Vypírka spalin potom probíhá dvoustupňově.

Příprava sorbetu a jeho doprava do provozní nádrže je řešena jako samostatný funkční celek, vybavený od výrobce samostatným ovládacím panelem.

Základní regulace a provoz pračky jsou odvozeny od vstupní a výstupní teploty spalin.

Teplota spalin je snímána ve vstupním potrubí spalin pro všechny reaktory společně, na výstupním potrubí pro každý reaktor samostatně.

Pračka se skládá z těchto hlavních částí:

1. Reaktoru
2. Dosoušecí komory
3. Vstupního kouřovodu
4. Tří tlakových trysek
5. Rozvodu stlačeného vzduchu
6. Zásobníku vápna
7. Míchací nádrže
8. Dávkovací nádrže
9. Rozvodu užitkové vody
10. Čidel vstupní a výstupní teploty spalin "
11. Dávkovacím čerpadel sorbetu DČ 1 – 3
12. Ventilů automatického proplachu potrubí sorbetu EV 1,2
13. Elektrorozvaděče

5.3 Koncepce pračky spalin PV-F 800

Prototyp zařízení k čištění spalin byl vyroben ve Slovenské Republice pod označením PV 800 a byl instalován v a. s. Merina Trenčín na spalovně odpadů typu SP 2400/E.

Garanční měření byly náročnější a trvaly 3 dny při různém zatížení spalovny. Ve spojení se spalovnou pracuje zařízení k čištění spalin bez závad od roku 1998. Hlavní přednosti této metody jsou:

- vysoká účinnost odlučováním sloučenin S, CL a F
- vysoká účinnost vazby těžkých kovů
- dostupná cena tuzemského výrobku
- několikaleté provozní zkušenosti
- nevznikají žádné kapalné odpady

Reaktor s polosuchou metodou čištění spalin je konstruován tak, aby zdržení spalin v reaktoru s chemickou reakcí s vápenným hydrátem odpovídalo dráze vypařování směsi.

Spaliny obsahující částice sorbetu a popílek procházející tkaninovým filtrem s vysokou odlučovací schopností, kde dochází k dodatečným chemickým reakcím na povrchu filmu.

Zařízení, pracuje na svém vstupu při teplotách 170 – 280° C. Proto musí být před ekoblokem zařazen výměník tepla (spaliny–voda, spaliny-vzduch, směšovací, horkovodní kotel).

Po spuštění zařízení vstupují spaliny o daných teplotách do reaktoru, kde dochází ke směšování se sorbentem. Dochází k chemické reakci, při které sorbent váže škodliviny. Zároveň je vysušen a takto proudí do tkaninového filtru.

Před tkaninovým filtrem je měřena teplota spalin a případným ochlazováním udržována jejich max. hodnota.

V tkaninovém filtru se vysušený sorbent s popínkem zachytává a pomocí regenerace je sfukován přes výsypku do popelnice. Za tkaninovým filtrem proudí vyčištěné spaliny přes klapku řízení podtlaku a odtahový ventilátor do komína.

5.4 Popis hlavních částí pračky spalin PV-F800

Reaktor je válcová ocelová nádoba opatřená výsypkou a popelnicí na zachytávání popílku a úsad při čištění reaktoru. Nad výsypkou jsou umístěny tři rozprašovací trysky, které zabezpečují dokonalé rozprášení sorbentu. Správná funkce trysky je závislá na viskozitě sorbentu, vody a vzduchových, tlakových poměrech v trysce. Na reaktor je připojena spojovacím kanálem dosoušecí komora zaručující dostatečnou reakční dobu pro nezbytné chemické reakce.

Tkaninový filtr má své vlastní provozní předpisy.

Příprava sorbentu zajišťuje dávkování, rozmíchávání a dopravu sorbentu do rozprašovacích trysek. Je opatřena dávkovacími čerpadly, míchadly a plnicí nádrží, automatickým propláchnutím rozvodů sorbentu v daném časovém úseku a po skončení provozu.

Dochlazovací klapa zajišťuje bezpečnost provozu tkaninového filtru, provoz v pásmu předepsaných teplot a zabraňuje propálení filtru.

Kouřovody jsou ocelové svařence, zajišťující dopravu spalin mezi díly ekobloku. Řízení podtlaku umožňuje v závislosti na úrovni podtlaku otevírat a nebo zavírat klapu tak, aby hodnota podtlaku byla ve stanovených mezích.

Elektorozvaděč svým provedením zajišťuje všechny automatické a poloautomatické funkce ekobloku. Aby mohl plnit své funkce, musí být propojen s elektorozvaděčem zdroje spalin.

Při provozu elektrobloku se sledují: teploty před a za reaktorem, hladina sorbentu v nádrži, talkový vzduch, stav a funkce dálkovacího čerpadla a odpor tkaninového filtru. Po ukončení provozu probíhají všechny funkce automaticky.

Pračka se uvede do provozu automaticky, po dosažení nastavené vstupní teploty spalin.

Po dosažení nastavené teploty dojde k otevření elektromagnetických ventilů stlačeného vzduchu a ke spuštění dávkovacích čerpadel sorbentu, které jsou vybaveny vlastními frekvenčními měniči.

Nastavení otáček čerpadla se provádí pomocí klapky studeného vzduchu umístěné před filtrem (servopohon). Při poklesu teploty spalin pod nastavenou mez se klapka opět uzavře.

Při automatickém režimu míchadlo periodicky zapíná a vypíná. Doba provozu v zapnutém stavu je 10 – 60 sec. Množství sorbentu je kontrolováno hladinoměrem. Na základě informací probíhá doplňování sorbentu ze zásobní nádrže.

Rozvaděč má kromě regulačních vazeb i povinné zabezpečovací prvky (hlavní vypínač, jističe, ochrany motorů aj.) tak, jak to vyžadují příslušné předpisy. Signalizace poruch musí být optická i akustická s možností externí signalizace.

Tabulka č. 4 Souhrn základních tech. parametrů pračky spalin PV–F800

Typ zařízení		PV-F800
Objem spalin min-max	Nm³/s	0,4 -2
Teplota spalin na vstupu	°C	170-280
Výstupní teplota spalin	°C	120-240
Max. spotřeba sorbentu	l/hod	130
Sorbent Ca(OH)2:H2O		1:4
Účinnost vypírky	Vápenný hydrát	>90%
	vapecarb	>95%

6. Kontrolní výpočet doby setrvání spalin v dohořivací komoře kremačních pecí

Výpočet je proveden pro kremační pec KE 400 a KFX 500 od firmy IFZW v Německu vybavenou pračkou spalin PV-F 800 a nebo chemosorbčním filtrem IFZW SF 6000.

Kremační pec KE 400, KFX 500

Počet zpopelnění za 8 hodin	8-9
Jmenovitý výkon spalovny	150 kg/hod
Výhřevnost rakve	8,1 MJ/kg- (počítaná střední hodnota, dřevo 50kg, ostatky 75kg, textil 5kg)
Stabilizační palivo	zemní plyn
Výhřevnost paliva	38 MJ/kg
Obsah vody rakve	50 % střední hodnota
Obsah vodíku	10 %
Obsah S	1,0 % max.
Obsah Cl	0,5 % max

Teoretické množství spalin při zpopelnění:

$$V_{sp,min,o} = 0,95 \cdot H_{u,o}/4187 + 1,375 = 0,95 \cdot 8100/4187 + 1,375 = 3,21 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

Teoretické množství vzduchu při zpopelnění:

$$V_{vz,o,min} = 1,012 \cdot H_{u,o}/4187 + 0,5 = 1,012 \cdot 8100/4187 + 0,5 = 2,45 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

Teoretické množství vlhkých spalin

$$V_{sp,o,v} = V_{sp,min,o} + V_{H_2O} = 3,21 + 1,95 = 5,16 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$V_{H_2O} = 11,1 \cdot H + 1,43 \cdot H_2O + (\varphi - 1) \cdot V_{vz,o,min} = 1,95 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

$$\varphi = 1,05$$

Celkový přebytek vzduchu max. $n_o = 2,2$

Skutečné množství vlhkých spalin (0° C):

$$V_{sp,sk,o} = V_{sp,o,v} + \varphi \cdot (n_o - 1) \cdot V_{vz,o,min} = 5,16 + 1,05 \cdot (2,2 - 1) \cdot 2,45 = 8,24 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

Celkové množství vlhkých spalin pro daný výkon kremační pece:

$$V_{sp,celk,o} = m_o \cdot V_{sp,sk,o} = 150 \cdot 8,24 = 1236 \text{ Nm}^3/\text{hod}$$

Tepelný výkon při žehu:

$$N_{k,o} = m_o \cdot H_{u,o} = 150 \cdot 8100 = 1,21 \text{ GJ/h} = 337,5 \text{ kW}$$

Průtočné objemy ve spalovací peci.

I. komora - nadstechiometrické spalování $n_1 = 1,4$

$$V_{vz1} = m_o \cdot n_1 \cdot V_{vz,o,min} = 150 \cdot 1,4 \cdot 2,45 = 4850 \text{ Nm}^3/\text{hod} \dots\dots\dots 1,34 \text{ Nm}^3/\text{s}$$

II komora - přebytek vzduchu 150 % $n_2 = 2,5$

$$V_{vz2} = m_o \cdot n_2 \cdot V_{vz,o,min} \cdot 0,25 = 150 \cdot 2,5 \cdot 2,45 \cdot 0,25 = 229,6 \text{ Nm}^3/\text{hod} = 0,84 \text{ Nm}^3/\text{s}$$

0,0638

Celkový přebytek vzduchu $n_c = 2,2$

$$V_{vz,c,o} = m_o \cdot n_c \cdot V_{vz,o,min} = 150 \cdot 2,2 \cdot 2,45 = 10670 \text{ Nm}^3/\text{hod} \dots\dots\dots 2,96 \text{ Nm}^3/\text{s}$$

808,5 0,224

$$+ \text{ II. komora } V_{vzI+II} = 514,5 + 229,6 = 744,1 \text{ Nm}^3/\text{hod} \dots\dots\dots 2,18 \text{ Nm}^3/\text{s} \quad 0,206$$

6.1 Režim při jmenovitém výkonu hořáků

Dohořivací a mineralizační hořáky. Výkon dohořivacích a mineralizačních hořáků je max. 350 kW

Spotřeba stabilizačního paliva pro dosažení 1200° C - zemního plynu je max. 65 Nm³/hod

Množství vlhkých spalin z paliva

$$V_{spv,p} = V_{p2} \cdot V_{sp,v,p} = 65 \cdot 11,59 = 753,35 \text{ Nm}^3/\text{hod} \dots\dots 0,209 \text{ Nm}^3/\text{s}$$

$$V_{sp,v,p} = n_p \cdot V_{vz,min,p} + V_{H_2O} = 1,05 \cdot 10,03 + 1,06 = 11,59 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

$$V_{vz,min,p} = 0,264 \cdot H_{u,p} = 0,264 \cdot 38 = 10,03 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

$$V_{H_2O} = 0,38 \cdot 0,0179 \cdot H_{u,p} = 1,06 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

Celkové množství vlhkých spalin z paliva

$$V_{sp,c} = V_{sp,celk,o} + V_{sp,p,v} = 1236 + 753,5 = 1989,5 \text{ Nm}^3/\text{hod} \dots\dots 0,552 \text{ Nm}^3/\text{s}$$

Střední teplota spalin v kremačním prostoru $T_{sp2} = 800^\circ\text{C}$

$$V_{sp2} = V_{sp,c} \cdot 1073/273 = 3461,6 \text{ m}^3/\text{hod} \dots\dots 2,17 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dohořivací komora 1000°C

$$V_{sp2} = V_{sp,c} \cdot 1273/273 = 0,552 \times 1273/273 = 2,57 \text{ m}^3/\text{s}$$

6.2 Režim při žehu

Dohořivací a mineralizační hořáky. Výkon dohořivacích a mineralizačních hořáků je max. 350 kW

Spotřeba stabilizačního paliva - zemního plynu je při zpopelňování nižší než hodnota jmenovitá - je $30 \text{ Nm}^3/\text{hod}$.

Množství vlhkých spalin z paliva

$$V_{spv,p} = V_{p2} \cdot V_{sp,v,p} = 30 \cdot 11,59 = 347,7 \text{ Nm}^3/\text{hod} \dots\dots 0,096 \text{ Nm}^3/\text{s}$$

$$V_{sp,v,p} = n_p \cdot V_{vz,min,p} + V_{H_2O} = 1,05 \cdot 10,03 + 1,06 = 11,59 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

$$V_{vz,min,p} = 0,264 \cdot H_{u,p} = 0,264 \cdot 38 = 10,03 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

$$V_{H_2O} = 0,38 \cdot 0,0179 \cdot H_{u,p} = 1,06 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$$

Celkové množství vlhkých spalin z paliva

$$V_{sp,c} = V_{sp,celk,o} + V_{sp,p,v} = 1236 + 347,7 = 1583,7 \text{ Nm}^3/\text{hod} \dots\dots\dots 0,439 \text{ Nm}^3/\text{s}$$

Střední teplota spalin v kremačním prostoru $T_{sp2} = 800 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$V_{sp2} = V_{sp,c} \cdot 1073/273 = 6224,5 \text{ m}^3/\text{hod} \dots\dots\dots 1,73 \text{ m}^3/\text{s}$$

Teplota v dohořivací komoře cca. $1000 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$V_{SP2} = V_{sp,c} \cdot 1273/273 = 0,552 \cdot 1273/273 = 2,04 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabulka č. 5 Kremační pec KE 400

Zóna	Rozměry v mm	Objem v m ³	Průtok /čas pro max.výkon
1.	350 x 900 x 3200	1,008	2,17 nrVsec/0,47 sec
2.	300 x 1600 x 600	0,288	2,17 /0,13
3.	300x500x1000	0,15	2,17/ 0,07
4.	630x840x1000	0,529	2,57/ 0,205
5.	420 x 210 x 1000	0,082	2,57/ 0,03
6.	560x780x1000	0,436	2,57/0,16
7.	1120x700x1000	0,784	2,57/0,31
8.	5000x560x1000	2,8	2,57/1,0
Celková doba			2,375

Tabulka č. 6 Kremační pec KFX 500

Zóna	Rozměry v mm	Objem v m ³	Průtok /čas pro vvmax.max. výkon
1.	950 x 300 x 2600	0,74	2,57/ 0,27
2.	950x300x1200+1400 x 800 x 800	0,34+0,896=1,236	2,57/ 0,46
3.	1400 x 800 x 3000	3,36	2,57/1,24
Celková doba			1,97

Tyto hodnoty byly vypočteny pro maximální průtočné množství spalin . Při žehu se sníží průtočné množství spalin z 0,552 Nm³/s na 0,439 Nm³/s. Doba setrvání spalin v oblasti vysokých teplot se u pece KE 400 zvýší na 2,98sec a u pece KFX 500 na 2,47 sec.

U kremačních pecí typu KE 400 a KFX 500, při použití obou variant vypírky spalin je garantován následující maximální obsah škodlivin ve spalinách:

Tabulka č. 7

Garantované obsahy škodlivin ve spalinách

TZL Tuhé znečišťující látky	mg/m ³	10
TOC Celkový organický uhlík	mg/m ³	10
HC1	mg/m ³	10
HF	mg/m ³	1
SO₂	mg/m ³	50
NO_x	mg/m ³	200
Těžké kovy		
Skupina 1	mg/m ³	0,05
Skupina2	mg/m ³	0,05
Skupina3	mg/m ³	0,05
PCDD/PCDF	ng/m ³	0,1

7. Krematoria – požadavky na emisní limity

Krematoria jsou zařízení určená pro spalování mrtvých lidských těl, orgánů a ostatků. Platí i pro veterinární spalovny v případě výhradního spalování zvířat a živočišných zbytků.

Tabulka č. 8 Emisní limity

Emisní limity v /mg/m ³ /pro:					Referenční Vztažené obsah O ₂ podmínky O ₂ /%/	
Tuhé látky TL	Oxid siřičitý SO ₂	Oxidy dusíku Jako NO ₂	Oxid uhelnatý CO	jiné		
50	nestanoveno	350	100	1)15 2)30	17	A

Odkazy:

- 1) organické sloučeniny vyjádřené jako sumární uhlík
- 2) plynné sloučeniny chloru vyjádřené jako chlorovodík

Požadavky na konstrukci, vybavení nebo provozování technologického procesu

Ve spalovacím prostoru za posledním přívodem vzduchu musí být udržována taková teplota která zajišťuje termickou a oxidační destrukci všech odcházejících látek (nejméně 850 °C) s dobou setrvání spalin nejméně 1sec. Při použití topných olejů nesmí být spalován olej s obsahem síry vyšším než 1% hm.

Všeobecné zásady pro konstrukci spalovacích zařízení včetně krematorií

K tomu, aby spalování odpadu probíhalo požadovaným způsobem za vzniku plyných látek o kontrolovaném složení, je nutno zajistit základní podmínky, k nimž patří: Dostatečné množství spalovacího vzduchu s přebytkem 1,5 – 2,5 vůči stechiometrii spalovacích reakcí,

Spalování odpadu o určité minimální výhřevnosti, zabezpečující při spalování dostatečný vývin tepla, nezbytný ke ztrátě tepla do okolí a k udržení minimální technologické teploty v reakční komoře podle druhu spalovaného odpadu.

Lze očekávat, že pokud odpadní materiály obsahují Cl, F, S, A ve svých hořlavých složkách, dochází při jejich spalování ke tvorbě HCl, HF, SO₂ + SO₃ a NO+NO₂. Ostatní plyné látky lze považovat za stopové kontaminanty a ve stechiometrických výpočtech s nimi obvykle nebývá uvažováno. Na jejich obsahu však budou zásadně záviset požadavky na technické zabezpečení spalovny zařízením k čištění spalin.

Vzhledem k tomu, že pro spalování byla vyvinuta celá řada konstrukčních typů spalovacích zařízení, setkáváme se u těchto i se značně odlišnými režimy spalování. Zahrnují v závislosti na teplotě v reakčním prostoru pět základních fází: sušení, odplyňování, zapálení, odhořívání a hoření.

Při návrhu pecí je nutno vycházet z charakteristik odpadů (elementární složení, výhřevnost, teplota rozkladu, zápalná teplota, spalná teplota, granulometrické složení, měrná tepelná kapacita, chemické složení plyné fáze) na jejichž podkladě s přihlédnutím ke konstrukčnímu typu spalovací komory je možno stanovit potřebné teploty a doby pobytu daného odpadu v reakční zóně, nezbytné pro jeho zneškodnění. Uvedené podmínky je nutné stanovit s určitou bezpečností, neboť spalování tuhých odpadů probíhá ve vrstvě, což je nejméně příznivý způsob.

Další povinnosti vyplývající ze zákona 309/1991 Sb. v platném znění.

Kromě podmínek, které je výrobce, dovozce, případně uživatel povinný plnit podle vyhlášky MŽP č. 117/1997 Sb. v platném znění, vyplývá ze zákona 309/1991 Sb. o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami uvedené v § 6 odst. 4, volit nejlepší dostupné technologie s přihlédnutím na přiměřenost výdajů na jejich zajištění.

8. Postup a průběh při autorizovaném měření emisí

Pro Krematorium Ostrava a.s. bylo provedeno měření emisí, látek znečišťujících ovzduší z kremační pece č.2

Měření provedla měřicí skupina firmy SEKO BRNO spol. s.r.o. která je držitelem oprávnění k autorizovanému měření emisí a imisí.

Po příjezdu na místo měření byly připojeny na elektrickou síť přístroje vyžadující pro svůj chod stabilizaci při pracovní teplotě. Doba přípravy přístrojů byla využita na prohlídku zdroje emisí. Pracovníci provozovatele seznámili měřicí skupinu s měřenou technologií a jejím aktuálním i plánovaným režimem. Byly změřeny přímé úseky potrubí v okolí měřicího řezu. Pomocí zásuvné měrky byly určeny vnitřní rozměry měřicího řezu. Podle požadavků normy [L12] byla volena hustota měřicí sítě pro určení vzduchotechnických parametrů. Po dosažení ustáleného pracovního režimu byla zahájena sondáž rychlostního profilu a byl určen vztah mezi střední průřezovou rychlostí a rychlostí v referenčním bodě. Po vyhodnocení vzduchotechnických parametrů byla posouzena vhodnost umístění měřicí roviny. Kontrolní sondáž byla opakována i na konci měření.

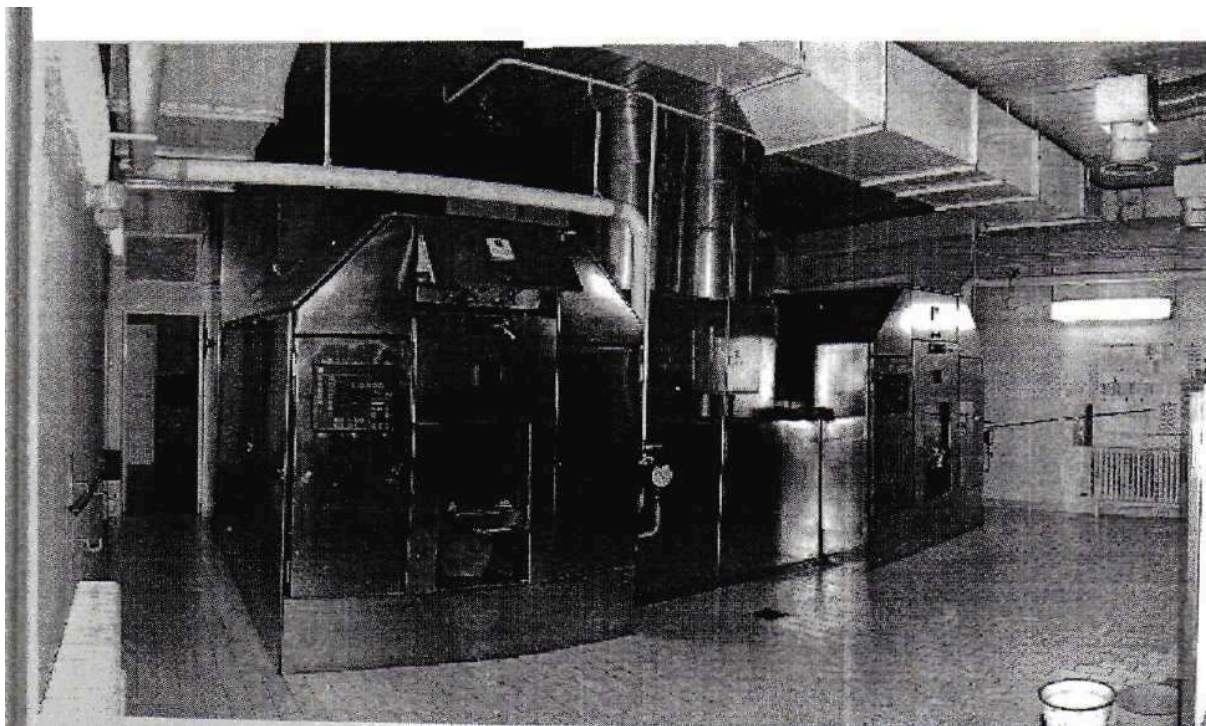
Před vlastním měřením byla úspěšně provedena zkouška na těsnost dopravních tras vzdušiny do měřicích přístrojů. Taktéž byla provedena justace kontinuálně pracujících přístrojů. Bez závad proběhlo ověření justace po skončení měření.

8.1 Účel měření

Zpopelňovací linka je tvořena zavážecím strojem, kremační pecí, regulačním hradítkem, výměníkem tepla, ventilátorem a komínem.

Kremační pec systém TABO - Standart monoblok má jako hlavní konstrukční prvek spalovací komoru vybavenou hlavním hořákem, na ni navazující dopalovací komoru vybavenou dopalovacím hořákem. Spalovací komora je s dopalovací komorou spojena odtahovými dutinami v obou bočních stěnách pece. Všechna zařízení pece jsou ovládána řídicím počítačem. Spaliny odcházející z kremačních pecí je možno vypouštět přímo z jednotlivých pecí samostatnými komíny, a nebo společným komínem po průchodu výměníkem tepla.

Obrázek č. 4 Kremační pec systém TABO - Standart monoblok



Tabulka č. 9 Měřené zařízení – štítkové hodnoty

(MZ) - základní jmenovité parametry		
Název měřeného zařízení	Kremační pec č.2	
Výrobce měřeného zařízení	TABO – CS, s.r.o.	
Typové označení	Kremační pec TABO – MONOBLOK	
Jmenovitý tepelný příkon	0.8	MW
Výhřevnost	34.5	MJ/m ³
Výrobní číslo	004/922701	
Rok výroby	1993	

Tabulka č. 10 Technologické zařízení pece

Hořák - komorový		
Výrobce	FLAMECO ECLIPSE	
Typové označení	104MUTA	
Instalovaný příkon plynu	116	m ³ _N /h
Výrobní číslo	TA 300100	
Rok výroby	1993	
Režim hořáku při zkoušce	automatický	
Nastavený výkon při zkoušce	automatický	
Hořák - dopalovací		
Výrobce	FLAMECO ECLIPSE	
Typové označení	104MUTA	
Výkon	116	m ³ _N /h
Výrobní číslo	TA 300100	
Rok výroby	1993	
Režim hořáku při zkoušce	automatický	
Nastavený výkon při zkoušce	automatický	

Odtahový ventilátor		
Odtahový ventilátor - druh	radiální	
Výrobce ventilátoru	Klima, a.s. Prachatice	
Typové označení	RSJ 030 L90	
Jmenovitý průtok ventilátoru	3,4	m ³ /s
Výrobní číslo	93 17 77	
Rok výroby	1993	

Teplovodní výměník		
Typové označení	TU-30S.1.	
Jmenovitý výkon	455	kW
Výrobní číslo	93-192	
Rok výroby	1993	

8.2 Způsob měření

Při měření emisí byly provedeny následující odběry:

Tabulka č. 11 Odběry

<i>Látka</i>		<i>Metoda</i>	<i>Přístrojová technika</i>
tuhé znečišťující látky	TZL	gravimetrická	manuální odběr
oxid siřičitý	SO ₂	infračervená spektrofotometrie	kontinuální analyzátor
oxidy dusíku	NO _x	infračervená spektrofotometrie	kontinuální analyzátor
oxid uhelnatý	CO	infračervená spektrofotometrie	kontinuální analyzátor
organické látky	VOC	plamenoionizační detekce	kontinuální analyzátor
kyslík (jako ref. hladina)	O ₂	magnetopneumatická	kontinuální analyzátor
sloučeniny chlóru	HCl	filtračně	manuální odběr
sloučeniny fluóru	HF	potenciometrická	

Současně s měřením uvedených látek, byly průběžně sledovány základní vzduchotechnické parametry měřeného zdroje a hlavní provozní parametry měřeného zařízení.

8.3 Přístrojová technika

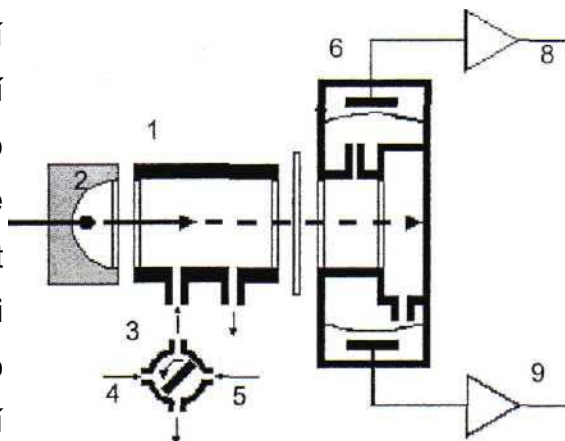
Kontinuální měření koncentrace plynných emisí

Pro měření koncentrací CO, NO_x, SO₂ byla použita nedisperzní infračervená spektrofotometrie (NDIR). Metoda využívá jevu, že zeslabení zářivého toku průchodem vrstvou plynu je závislé na kvalitativním i kvantitativním složení tohoto plynu. Z řady možných konstrukčních řešení vypracovaných pro tuto metodu používá měřicí skupina SEKO Brno analyzátory řady ENDA 1000 od japonské firmy HORIBA.

Celkový obsah organických látek OC byl zjišťován analyzátozem VAMET, který pracuje na principu plamenoionizační detekce (tzv. FID detekce).

Při hoření uhlovodíkových látek ve vodíkovém plamenu dochází k tvorbě volných iontů ionizací vazby C - H. Na elektrody umístěné v hořáku je přivedeno napětí, čímž mezi nimi protéká proud úměrný obsahu organických látek ve vzorku.

Spektrofotometry jmenovaného typu analyzují vzorek vzdušiny procházející průběžně měřicí kyvetou (1) pomocí infračerveného záření jehož zdroj a filtr pro výběr vhodné vlnové délky záření je naznačen jako (2). Patřičnou přesnost měření firma HORIBA zabezpečuje pro ni charakterickým řešením pomocí rotačního kohoutu (3), který do měřicí kyvety přivádí



střídavě vzorek vzdušiny (4) a čistého referenčního plynu (5). Tímto neustálým střídavým měřením vzorku a referenčního plynu je možno eliminovat rušící (interferující) složky u směsi analyzovaných plynů a zvýšit tak selektivitu přístroje.

Paprsek vycházející z měřicí kyvety vstupuje do detektoru (6). Zde se rozdíly v absorbovaných energiích projevují výchylkami dvou membrán (7). Jejich kmitání se po převedení na elektrický signál zesiluje v členech (8) a (9). **Hlavní zesilovač** (8) zpracovává signál měřených složek včetně některých rušivých. Druhý **srovnávací zesilovač** (9) násobí signál až po další optické filtraci, takže se zpracovávají jen rušivé složky. Jejich výběr je dán použitými optickými filtry. Navíc dochází k výše uvedenému cyklickému měření vzorku a referenčního plynu. Rozdílové vyhodnocení signálů z obou zesilovačů a další systém analýzy vede nakonec k určení koncentrace měřených složek.

Zobrazovaná jednotka koncentrace je volena v objemových jednotkách, protože ty jsou nezávislé na obecně proměnlivých hodnotách tlaku a teploty při které se provádí analýza. Vzhledem k malým koncentracím složek je pak volena jednotka ppm.

Před a po skončení každého měření je třeba analyzátory justovat. Jednak na hladině nulové odezvy (tzv. bod ZERO) a dále v druhém bodě (SPÁN) ležícím v rozmezí 80 - 100% rozsahu analyzátoru. Bod ZERO se nastavuje referenčním plynem. Systém HORIBA navíc umožňuje provádět jednou za vteřinu průběžnou kontrolu nuly přiváděním referenčního plynu do větve vzorku. Tímto automatickým systémem je silně potlačen drift nuly.

Bod SPÁN se seřizuje kalibrační směsí, tedy primárním etalonem obsahujícím všechny sledované složky v požadovaných koncentracích. Použitím této směsi jsou kontinuální analyzátory navázány na metrologickou řadu.

Za srovnávací (referenční) plyn je v analyzátorech použit okolní vzduch. Ten je zbaven nečistot a upraven na stejné fyzikální podmínky jako měřený vzorek vzdušiny. Mimo jiné je třeba dosáhnout stejného podílu vodních par ve vzorku i v referenčním plynu. Vodní páry jsou totiž největší rušivou složkou v oblasti infračervené spektrofotometrie. Díky použití systému rotačního kohoutu a rozdílového zpracování signálu fotometru může použitá měřicí metoda tyto komplikace dobře eliminovat.

Na přípravu vzorku i referenčního plynu jsou tedy kladeny vysoké požadavky. Proto je před analyzátory zařazena jednotka úpravy ES-250. V té se tyto plyny upravují v podstatě ve dvou podobných paralelních větvích.

Vzduch pro referenční plyn i vlastní vzorek vzdušiny z měřeného místa je čerpán do jednotky úpravy průtokem cca 4 l/min. Vzduch je nasáván z bezprostředního okolí jednotky. Cesta vzorku je delší. Z místa měření se odebírá otápěnou sondou opatřenou vnitřním filtrem. Vytápěnou dopravní trasou o teplotě kolem 180 °C je doveden ke vstupu do měřicího vozu a dále k vlastní úpravě. Vzorek plynu nejprve vstupuje do oddělovače kondenzátu.

Částečně vysušená vzdušina pak prochází jednotkou zachycující SO₃, konvertorem NO_x-> NO a jemným filtrem a přichází na vstup dopravního plynového čerpadla zabezpečujícího průtok celým měřicím systémem. Za ním je pomocí termoelektrického chladiče vzorek dosušen šokovým vychlazením na teplotu +5 °C. Takto upraven vstupuje spolu s referenčním plynem do vlastních analyzátorů.

Pro stanovení NO* a CO je použit analyzátor CMA 331. Stejnou metodu používá analyzátor CFA 311 pro stanovení SO₂.

V kombinovaném analyzátoru CMA 331 probíhá též stanovení obsahu O₂. Používá se magnetopneu-matické metody, která využívá specifických paramagnetických vlastností molekuly kyslíku. Bod ZERO se justuje dusíkem. Druhý bod SPÁN se srovnává na 21 % obsah kyslíku ve vzduchu.

Výstupní signály analyzátorů snímané v sekundových intervalech jsou přenášeny do měřicí ústředny MS3 od fy COMET Rožnov pod Radhoštěm kde jsou dále zpracovávány firemními programy.

8.4 Měření koncentrace tuhých látek

K vlastnímu měření koncentrace tuhých částic byla použita manuální gravimetrická metoda, jejíž podstata spočívá v zavedení odběrové sondy do měřicího bodu a odsávání zaprášeného vzorku vzdušiny tak, aby byla v jejím ústí i v okolí sondy shodná rychlost nosné vzdušiny. Odsátý a změřený objem vzorku spalin byl zbaven tuhých příměsí na speciálním filtru a později byla zvážena předepsaným způsobem hmotnost na něm zachycených částic.

K měření byla použita odběrová souprava fy Kalmán s kombinovanou izokinetickou sondou, která má sestavu filtru umístěnou vně potrubí.

Použitý papírový filtr od firmy AMERSIL-FILPAP je vyroben ze 100% mikrovláken z borosilikátového skla bez použití jakýchkoliv organických pojiv. Papír je odolný teplotám do 500 °C a je schopen zadržovat větší množství nečistot než dojde k nárůstu odporu vůči průchodu filtrovaného média.

Měření fluorovodíku a chlorovodíku

Odběr a stanovení emisí fluorovodíku a chlorovodíku platí pro stanovení celkového obsahu fluorovodíku a chlorovodíku v odpadních plynech, vázaných ve formě sloučenin, které jsou za podmínek odběru vzorku v plynném stavu a reagují s absorpčním roztokem za vzniku vodorozpustných sloučenin. Odběry jsou realizovány podle ČSN 83 4752 (stanovení emisí fluóru) a ČSN 83 4751 (stanovení chlóru a chlorovodíku). Analytické stanovení je provedeno potenciometricky, respektive filtračně.

Měření vzduchotechnických parametrů

Hodnoty atmosférického tlaku byly měřeny na ověřeném barografu TB 20 td. K měření teplot a tlaků proudících spalin byl použit kalibrovaný digitální přístroj fy AHLBORN typ THERM 2295-2.

Vlastní rychlost proudění se získala vyhodnocením dynamického tlaku z Prandtlovy sondy. Statický tlak byl snímán z téže sondy, neboť nebylo možno v daných podmínkách zajistit kvalitu stěnových odběrů statického tlaku.

Vlhkost vzdušiny se určovala kondenzační metodou jako střední hodnota za celou dobu zkoušky. Při měření se využívalo chladiče jednotky na úpravu vzorku pro kontinuální analyzátory.

Signály z teplotních a tlakových čidel mohou být podle potřeby zaznamenávány do měřicí ústředny MS3. Nebo v případech malých změn těchto hodnot mohou být zapisovány manuálně v potřebných časových intervalech.

8.5 Umístění měřícího místa

Na měřeném zařízení byly odváděny škodliviny do vnějšího ovzduší komínem, výduchem, či výpustí ze zařízení na omezování emisí.

Měřicí rovina byla volena s ohledem na :

Znění odst. 5 §7 vyhlášky MŽP [L8j.

Doporučení normy [L12, L13] o přímých úsecích potrubí před a za měřicí rovinou.

Požadavek bodu 1 byl splněn. 2 hlediska složení odpadního plynu byla měřicí rovina k určení koncentrací volena v místě reprezentující podle pravidel legislativy výstup tohoto plynu do volné atmosféry.

Doporučení normy dle bodu 2 vede obvykle k volbě místa s osovým prouděním a vyrovnaným rychlostním profilem s poměrem maximální a minimální lokální rychlosti rovným nebo menším než 3:1. Tyto kvalitativní parametry proudění se ale ověřují až po osazení měřicí roviny nátrubky pro rychlostní sondu.

Pro provedení sondáže rychlostního profilu se zvolené měřicí místo hodnotí z hlediska:

- geometrie umístění měřicího řezu
- existence osového a zpětného proudění
- poměru maximální a minimální lokální rychlosti proudění vzdušiny
- hodnoty bezrozměrného Reynoldsova čísla
- podmínek měření dynamického tlaku

Přičemž pro souhrnné hodnocení si zavedla měřicí skupina SEKO Brno vlastní stupnici podmínek k měření průtoku a s tím i k souvisejícímu měření TZL.

Zařazení do této stupnice se bere v úvahu při odhadu nejistoty měření průtoku. V souvislostech se toto projeví i v hodnotě nejistoty hmotnostního toku a měrných či fugitivních emisí.

8.6 Postup při výpočtech

Výpočet měrné hmotnosti nosné vzdušiny

Nejprve byla vypočtena měrná hmotnost suché vzdušiny při normálních stavových podmínkách na základě chemického složení.

Rozsah sledovaných objemových složek CO ze kterých je složena vzdušina měrné hmotnosti je uveden v následující funkci.

$$\rho_N^{such} = f(\omega_{O_2}, \omega_{CO_2}, \omega_{CxHy}, \omega_{N_2+Ar}, T_N, P_N)$$

Pro měření CO_2 nemá měřicí skupina k dispozici příslušné analyzátory. Proto považuje-li se nosná vzdušina s ohledem na výše uvedené složení za vzduch, volí se obsah CO_2 v hodnotě 0,03%. Ná vazně k tomu pak $O_2 = 20,99\%$. Měrná hmotnost suchého vzduchu obvyklého složení při normálních stavových podmínkách pak vychází $1,2932 \text{ kg/m}^3$.

U spalovacích procesů je určena na základě stechiometrických výpočtů hodnota $(CO_2)_{\max}$ a podle měřeného obsahu O_2 dopočítána na hodnotu CO_2 v měřicím řezu.

Podíl N_2+Ar je pro účely výpočtu chápán vždy jako dopočet objemu do 100%. Jsou-li v konkrétním případě měření použity příslušné analyzátory, nabývají podíly ostatních složek nenulových hodnot a jsou zahrnuty do výpočtu měrné hmotnosti vzdušiny. Podíl obsahu NO_2 a NO v měřené skupině NO_x je odhadnut. Předpokládá se 90 % podíl NO_2 .

Podle znalosti koncentrace jednotlivých složek jsou k výpočtu použity následující hodnoty měrných hmotností složek při normálních stavových podmínkách:

Tabulka č. 12 Hodnoty měrných hmotností složek

<i>Látka</i>		<i>Měrná hmotnost kg/m³</i>
suma uhlovodíků	TOC	0,5367
metan	CH ₄	0,7168
vodní pára	H ₂ O	0,8040
oxid uhelnatý	CO	1,2500
dusík	N ₂	1,2505
atmosférický dusík včetně 0,933% argonu	N ₂ + Ar	1,2568
vzduch (0,03% CO ₂)	směs	1,2932
oxid dusnatý	NO	1,3402
kyslík	O ₂	1,4289
oxid uhličitý	CO ₂	1,9769
oxid dusičitý	NO ₂	2,0557
oxid siřičitý	SO ₂	2,9266

Na základě středního atmosférického tlaku a průběžně měřených hodnot provozní teploty t_1 , a tlaku p_1 se určila měrná hmotnost suché vzdušiny při provozních podmínkách

$$\rho_1^{such} = \rho_N^{such} * \frac{(P_{bar} + P_1)}{101325} * \frac{273,15}{273,15 + t_1}$$

Pro přepočet na vlhkou vzdušinu při provozních podmínkách byl použit vzorec:

$$\rho_1^{vlh} = \rho_{ef} = \frac{0,804 * (\rho_1^{such} + f_N)}{0,804 + f_N}$$

kde f_N je střední hodnota fiktivní vlhkosti vzdušiny [kg/m³] při normálních stavových podmínkách v době měření této veličiny.

Přístrojové vybavení měřicí skupiny a systém zpracování výsledků umožňují vyhodnocovat měrnou hmotnost kontinuálně nebo ji počítat pro střední hodnoty libovolně dlouhého časového intervalu.

Výpočet rychlosti vzdušiny a průtoků

Rychlost vzdušiny je počítána podle vzorce

$$w = \sqrt{\frac{2 * \Delta p}{\rho_1^{vlh}}}$$

Efektivní průtok vlhké vzdušiny v průřezu F [m²] při provozních podmínkách

$$Q_{ef} = Q_1^{vlh} = w * F$$

Průtok vlhké vzdušiny při normálních stavových podmínkách

$$Q_N^{vlh} = Q_1^{vlh} * \frac{(p_{bar} + p_1)}{101325} * \frac{273,15}{(273,15 + t_1)}$$

Průtok suché vzdušiny při normálních stavových podmínkách

$$Q_N^{such} = \frac{Q_N^{vlh} * 0,804}{0,804 + f_N}$$

Hmotnostní tok se pak vypočte jako součin koncentrace a průtoku při shodných stavových podmínkách pro obě hodnoty.

Výpočet koncentrace

Měření koncentrací škodlivin se uskutečňuje různými metodami a výsledky jsou získávány při různém stavu nosné vzdušiny. Legislativa však předepisuje vyjadřovat koncentrace v hmotnostních jednotkách v určených stavových podmínkách nosného plynu daných vlhkostí, teplotou, tlakem a případně srovnávacím (referenčním) obsahem kyslíku. Konkrétní požadovaný stav vzdušiny je popsán u každé výsledkové tabulky. Výpočty sou zpracovány v jednotlivých krocích.

Krok 1

Ať již jsou podmínky odběru vzhledem k provozním podmínkám či metodice odběru jakékoliv, účelem tohoto kroku je určit hmotnostní koncentraci c_N (*such*) v suché vzdušině při normálních stavových podmínkách.

a) Kontinuální analyzátory měří objemovou koncentraci škodlivin v prakticky suchém plynu. Hmotnostní koncentraci škodliviny [mg/m^3] v suché vzdušině při normálních stavových podmínkách dostaneme vynásobením měřené objemové koncentrace a měrné hmotnosti suché škodliviny při normálních podmínkách. Hodnoty měrných hmotností jsou uvedeny v TAB.č 12 v kap. „Výpočet měrné hmotnosti nosné vzdušiny“.

V emisních výpočtech se skupina oxidů dusíku vyjadřuje jako NO_x . Protože na výstupu měřeného zařízení do ovzduší tvoří většinu oxidů dusíku obsah NO (cca 90%), je v jednotce úpravy vzorku plynu převedena pomocí konvertoru skupina NO_x na NO. Pak jsou tedy koncentrace fyzikálně měřeny jako NO, ale vyjadřují koncentraci NO_x . Jelikož se časem ve volné atmosféře NO přemění na NO_2 , legislativa požaduje vyjadřovat hmotnostní koncentraci NO_x jednotně jako NO_2 . Tedy

měřenou objemovou koncentraci NO_x na analyzátoru je třeba vynásobit měrnou hmotností NO₂. Dostáváme pak NO_x vyjádřenou jako NO₂.

b) Při manuálních metodách měření emisí poskytují laboratoře výsledky rozborů ve formě zachycené hmotnosti škodliviny v daném objemu vzorku vzdušiny. Odebíraný objem vzdušiny z měřicího místa je však měřen na jiném místě při odlišných stavových podmínkách a obvykle i při jiném obsahu vodní páry v nosné vzdušině. Proto se nejprve měřený objem vzorku vzdušiny přepočte podle stavové rovnice.

$$V_N^{vlh} = V_1^{vlh} \frac{(p_{bar} + p_1)}{101325} * \frac{273,15}{(273,15 + t_1)}$$

$$V_N^{such} = \frac{V_N^{vlh} * 0,804}{0,804 + f_N}$$

Na suchý objem při normálních podmínkách pro podmínky v potrubí

Podělením zachycené hmotnosti m [mg] a objemu vzorku suché vzdušiny při normálních podmínkách dostáváme hledanou koncentraci v suché vzdušině při normálních stavových podmínkách.

$$C_N^{such} = \frac{m}{V_N^{such}} [mg/m^3; mg, m^3]$$

Krok 2

Záměrem je přepočítat hmotnostní koncentraci v suché vzdušině při normálních stavových podmínkách na stav vzdušiny předepsaný legislativou. Tento stav (teplota, tlak, vlhkost, popř. referenční obsah O₂) je charakterizován slovním popisem u každé výsledkové tabulky.

Pro přepočet koncentrace v suché vzdušině na jiné stavové podmínky dané stavem s indexem 1 (obvykle provozní stav) se používá rovnice:

$$c_1^{such} = c_N^{such} * \frac{p_1}{101325} * \frac{273,15}{(273,15 + t_1)}$$

K přepočtu hmotnostní koncentrace v suché vzdušině na vlhkou vzdušinu se použije rovnice:

$$c_1^{vlh} = \frac{c_1^{such} * 0,804}{0,804 + f_N}$$

V případech určených legislativou se provede přepočet koncentrace z měřeného obsahu kyslíku na referenční obsah kyslíku.

$$c_{ref} = c * \frac{(21 - O_2^{ref})}{(21 - O_2^{měř})}$$

Výpočet měrných výrobních emisí

Měrné výrobní emise (MVE) o rozměru *[kg škodliviny / t spáleného odpadu]* slouží provozovateli k výpočtu ročních hmotnostních toků zpoplatňovaných škodlivin. MVE pro jednotlivé škodliviny lze spočítat jako:

MVE= hmotnostní tok škodliviny / počet kremací [kg/1 kremaci ; kg/hod, počet kremací/hod]

8.7 Odhad nejistoty měření

Vzhledem k tomu, že měřicí řez pro určení koncentrace plyných škodlivin je volen tak, aby v něm byl vyrovnaný koncentrační profil, je možno dopustit se ve výpočtu zjednodušení. Hodnota nejistoty je pak dána nejistotou udávanou výrobcem pro kontinuální analyzátor nebo hodnotou, kterou uvádí spolupracující laboratoř v případech, kdy škodliviny jsou zjišťovány analýzou absorpčních roztoků či absorpčních trubiček.

Nejistota určení koncentrace TZL je dána odhadem udávaným v normě [L13J. Tato norma zahrnuje pod jednou hodnotou nejistoty součet všech dílčích nejistot na kterých je výsledek závislý.

Nejistota měření objemového průtoku vzdušiny se skládá z více dílčích chyb. Detaily výpočtu jsou uvedeny v příloze. Nejistota výpočtu ostatních emisních

výsledků je určena jako druhá odmocnina součtu čtverců relativních směrodatných odchylek dílčích chyb.

Ve výpočtu nejistoty určení hmotnostního toku tedy figurují chyby koncentrace a průtoku. Při určení nejistoty měrných výrobních emisí jsou to pak chyby hmotnostního toku a vztažné jednotky (např. hmotnosti, plochy, objemu, atd.).

8.8 Průběh měření

Měření teploty a rychlosti vzdušiny bylo prováděno kontinuálním způsobem v referenčním bodě umístěným v měřicím řezu avšak mimo měřicí síť rychlostního profilu a vzorkování vzdušiny na určení koncentrace tuhých látek. Záznam hodnot byl uchováván v jednotce COMET MS3.

Střední vlhkost vzdušiny byla určena kondenzační metodou prováděnou po dobu celé zkoušky.

Odběr tuhých znečišťujících látek byl proveden kumulativním vzorkováním v měřicích bodech reprezentující rovnoploché části průřezu potrubí. Tato měřicí síť byla shodná se sítí bodů pro určení rychlostního profilu. Po skončení měření byl vyhodnocen charakter výtoku vzdušiny do volné atmosféry.

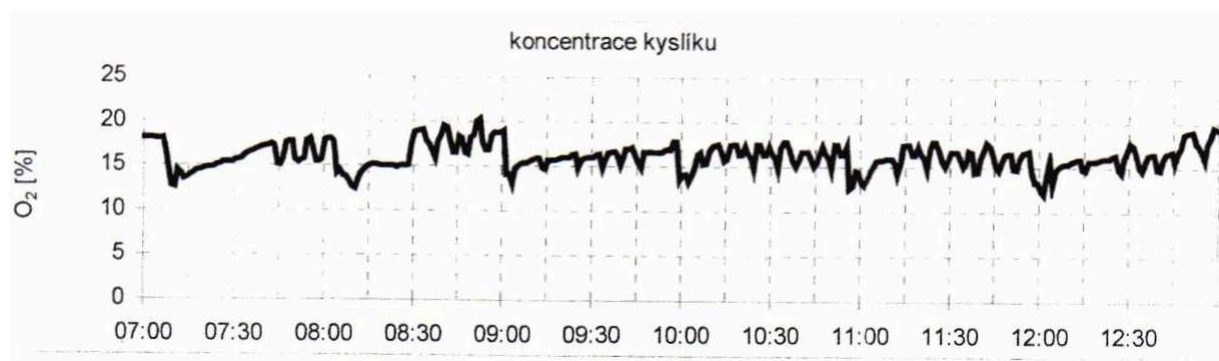
Tabulka č. 13 Technologický provoz měřeného zařízení

<i>Spotřeba podpůrného paliva</i>	
Podpůrné palivo	zemní plyn
Hodinová spotřeba paliva	12,6 m ³ /hod

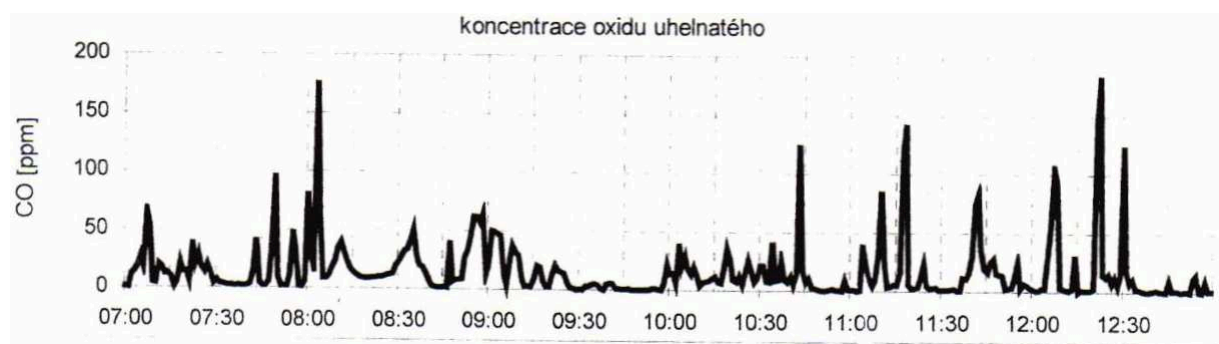
V době zkoušky bylo provedeno 6 kremací (07.00 - 13.00 hod). Teplota spalovací komory se pohybovala v rozmezí 640 - 950 °C, teplota dopalovací komory 710 - 950 °C.

8.9 Grafické znázornění emisních měření

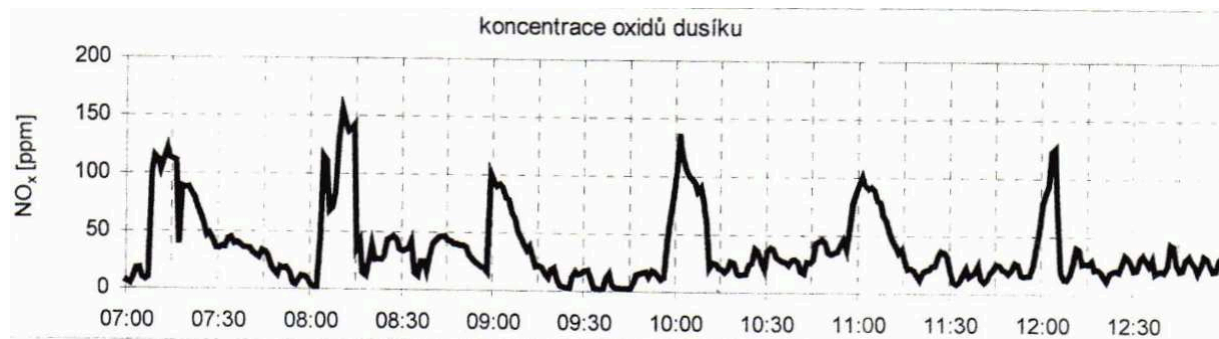
Graf č. 1



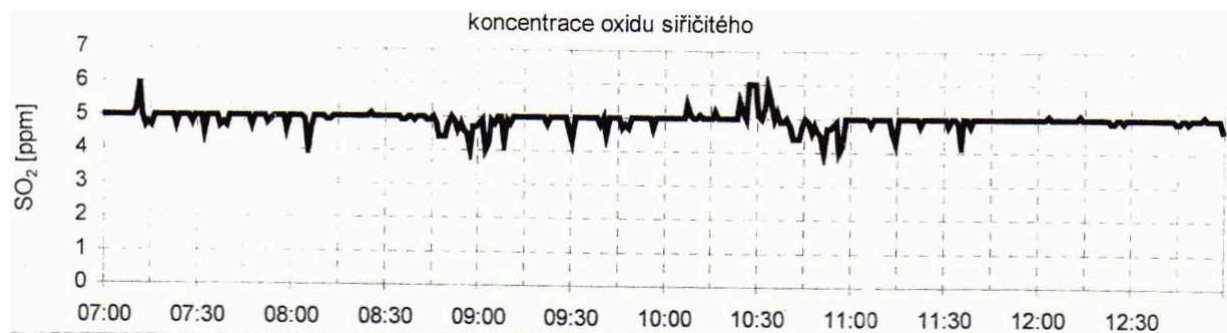
Graf č. 2



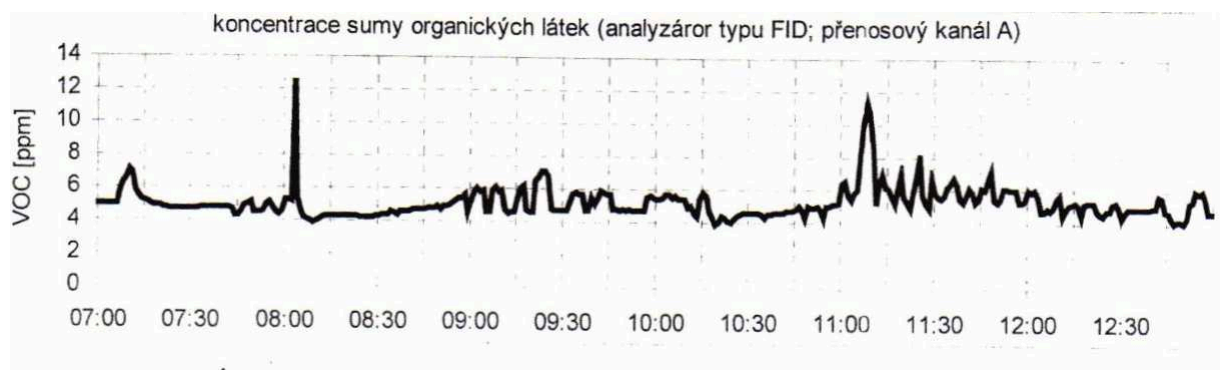
Graf č. 3



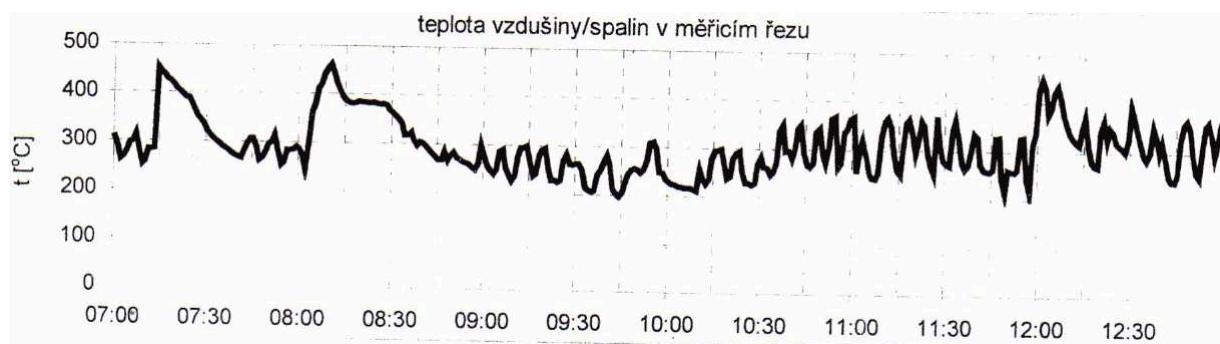
Graf č. 4



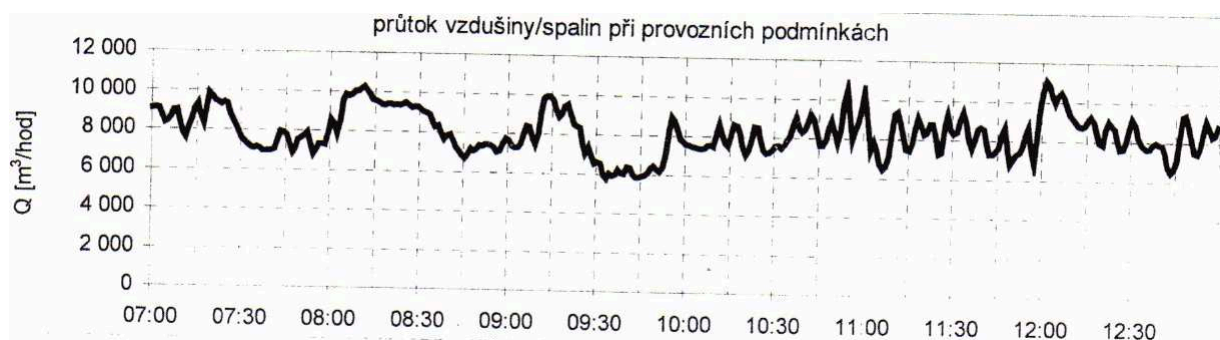
Graf č. 5



Graf č. 6



Graf č. 7



Poznámky ke zpracování výsledků měření

Měření vzduchotechnických parametrů v měřicím řezu bylo přizpůsobeno časovým průběhům měřených veličin a požadavkům na přesnost měření.

Vycházelo se při tom z charakteru proudění vzdušiny. Ten závisí na zdroji proudění vzdušiny ve smyslu např. použití či absence ventilátoru nebo zda měření

průtoku je ovlivněno spalovacím procesem. Dále je charakter proudění dán vztahem mezi výkonem měřeného zařízení a průtokem vzdušiny v měřicím řezu. Tedy především závisí na použitém způsobu regulace ale i na zařazení technologických či jiných vynucených či nevynucených přestávek v pracovní činnosti.

Posouzení charakteru proudění na základě uvedených parametrů hodnotí měřicí skupina stupnicí, která tímto de facto hodnotí časový průběh průtoku vzdušiny do volné atmosféry.

stupnice charakteru průtoku: silné proměnlivý, proměnlivý, přerušovaný, cca konstantní

U složitějšího průběhu průtoku je pak obvykle voleno kontinuální měření průtoku. Jednodušší průběh zase opravňuje použití měření průtoku pouze v několika významnějších změnách průtoku mezi nimiž se předpokládá konstantní či lineární průběh.

Tabulka č. 14 Technické informace o měření vzduchotechnických parametrů

<i>Měřená veličina</i>	<i>Způsob měření</i>	<i>Počet měř.</i>	<i>Vyhodnocení</i>
průtok (sondáž rychlostí)	Prandtlova sonda	2	střední hodnota za zkoušku
průtok (referenční bod)	Prandtlova sonda	kontinuálně	minutové průměry
teplota	termočlánek	kontinuálně	minutové průměry
statický tlak	Prandtlova sonda	2	střední hodnota za zkoušku
vlhkost	kondenzační	integrálně	střední hodnota za zkoušku

Měrná hmotnost vzdušiny při provozním stavu byla určena jako závislost $p = f(c_{O_2}, f_N, T, p)$. Chemické složení suché vzdušiny bylo určeno pro obvyklé složení vzdušiny. Podle počtu měření teploty, statického tlaku a vlhkosti z předchozí tabulky vyplývá i přesnost měrné hmotnosti.

Dílčí manuální odběry jsou vyhodnoceny jako střední hodnoty za dobu odběru. Střední hodnota manuálních odběrů je pak získána jako vážený časový průměr.

Výsledky měření na kremační peci č.2 Krematorium Ostrava a.s. jejich zpracování a grafické vyhodnocení je uvedeno v přílohách.

9. Výsledky měření na kremačních pecích KFX 500 a KE 400

Provedla autorizovaná měřicí skupina Gesellschaft für Umweltschutz TÜV Nord mbH ve dnech 15 a 16.12.1999 a 6.1.2000 v krematoriu Friedhof Ojendorf v Hamburku. Shrnutí výsledků měření- střední hodnoty (normální stav při 11 % O₂).

Tabulka č. 15 Emisní měření na kremační peci KFX 500

		Pec č. 5	Pec č.6	Limit
Teplota ve spalovací komoře	°C	893 -1143	935 - 1019	
Teplota ve vyhořivací komoře	°C	909 -971	896 - 978	
Tuhé znečišťující látky	mg/m ³	0,7	0,4	10
Oxid uhelnatý CO	mg/m ³	<10	<10	50
Oxidy dusíku NO₂	mg/m ³	268	257	400
Celkový organický uhlík TOC	mg/m ³	<4	<4	20
Dioxiny/Furany	mg/m ³	0,001	0,001	0,1

Provedla autorizovaná měřicí skupina Umweltanalytik Saalfeld Bahnhofstrasse 2 Saalfeld na krematoriu Stade v Hamburku ve dnech 7.2. - 9.2.2000.

Shrnutí výsledků měření- střední hodnoty. (normální stav při 11 % O₂).

Tabulka č. 16 Emisní měření na kremační peci KE 400

		Minimum	maximum	limit
Kyslík O₂	%	10,4	14,5	II ^x
Celkový organický uhlík TOC				
koncentrace	mg/m ³	1,8	4,2	20
hmotový tok	kg/hod	0,004	0,007	
Tuhé znečišťující látky				
Koncentrace	mg/m ³	0,5	0,9	10
Hmotový tok	kg/hod	0,001	0,002	
PCDD/PCDF				
Koncentrace	ng/m ³	0,002	0,002	0,1
Hmotový tok	(ig/hod	0,003	0,003	

Výkon spalovny byl 55 kg odpadu/hod odpadu. Teplota v dohořivací komoře byla v rozmezí 950 až 1050 °C.

Tabulka č. 17 Naměřené průměrné emisní hodnoty

Znečišťující látka	Průměrná hodnota (mg/Nm³)	Emisní limit (mg/Nm³)
Tuhé znečišťující látky	3	30
Oxid siřičitý SO ₂	100	300
Oxidy dusíku NO _x	190	500
Oxid uhelnatý CO	23	100

Aritmetický průměr jednotlivých emisních hodnot každé znečišťující látky je nižší než emisní limit, čímž byly splněny podmínky § 9, ods. E. nařízení vlády SR č.92/1996 Z.z.

Tabulka č. 18 Měření účinnosti pračky PV-F 800 se sorbentem Vapecarb

Měřená látka	Vstup do reaktoru mg/Nm³ x	Vstup do komína mg/Nm³	Zákonný limit mg/Nm³
Tuhé	neměřeno	18,0	30,0
SO _x jako SO ₂	83,0	Pod mezi detekce	300,0
NO _x jako NO ₂	253,0	155,0	500,0 ^{xx}
CO	13,0	2,0	100,0
Tuhé	1,7	0,189-0,387	20,0
HCljako Cl	neměřeno	3,1	30,0
HFjako F	neměřeno	1,3	2,0
Těžké kovy			
I.sk (Hg, Tl, Cd)	neměřeno	0,1488	0,2
II.sk. (As, Ni, Cr,	neměřeno	0,01902	2,0
III.sk	neměřeno	0,01712	5,0

^x Hodnoty suchého plynu při normálním stavu při referenčním obsahu O₂ 11 %

^{**} Platí pro spalovny nebezpečného odpadu, spalovny komunálního odpadu mají limit 350 mg/Nm³

Měřená látka	Vstup do reaktoru ng/Nm³ x	Vstup do komína ng/Nm³	Zákonný limit ng/Nm³
PCDD/PCDF	8,5358	0,01254	0,1 ^{xxx}

^{xxx} Hodnoty suchého plynu při normálním stavu při referenčním obsahu O₂ 11 %. Uvedený limit je schválen splatností od 1.5.2003. **Podíl zachycených PCDD/PCDF při použití Vapecarbu s obsahem 12 % hm.aktivního uhlí se zvýšil na 99,85 %.**

10. Závěr

V této diplomové práci jsem zpracoval formou řešet literatury souhrn informací o koncepci moderních kremačních pecích a to konkrétně o kremačních pecích KE400 a KFX500 vyráběné společností Fornax a.s. Karlovy Vary. Nadále jsem provedl technický popis těchto kremačních pecí doplněný o grafické schémata jenž se nacházejí v přílohách. Dále je v této práci popsána technologie čištění spalin a to konkrétně chemosorpčním filtrem IF ZW 6000 a Polosuchou vápennou pračkou spalin PV-F800 a shrnutí vývoje kremačních pecí. V druhé části práce jsem se zabýval emisním měřením a výpočtem doby setrvání spalin v dohořivací komoře kremačních pecí. Pro popis a vysvětlení postupu při měření emisí jsem použil emisní měření, které bylo provedeno na Kremační peci systém TABO - Standart monoblok č.2 v Krematoriu Ostrava, kde jsem byl na exkurzi a účastnil se prohlídky pece i s popisem způsobu a postupu měření, jenž na ní bylo v minulosti uskutečněno. Kremační pece KE 400 a KFX 500 se na území ČR nevyskytují. Společnost FORNAX a.s. měla v úmyslu v rámci licence dodávat tyto pece v ČR. Vzhledem k tomu, že tyto pece jsou ve vyšší cenové hladině oproti konkurenčním výrobkům, nebyla společnost FORNAX a.s. nikdy vybrána jako dodavatel, i když za vyšší cenu nabízela nesrovnatelně vyšší kvalitu. V ČR tedy pece KE 400 či KFX 500 nejsou k vidění. Za výsledky měření Jako podklad pro zpracování výsledků emisního měření a kontrolního výpočtu jsem použil emisní měření na kremačních pecích KFX 500 a KE 400 které bylo uskutečněno mimo ČR. Doba setrvání spalin v oblasti vysokých teplot stanovena výpočtem se u pece KE 400 pohybuje kolem 2,98 sec a u pece KFX 500 2,47 sec. Normou je dána minimální doba setrvání spalin v oblasti vysokých teplot 1sec z čehož plyne, že pece KFX 500 a KE 400 této normě nejen vyhovují, ale mají i nemalé rezervy.

11. Přílohy

Přílohy jsou spolu s výkresovou dokumentací uloženy na vnitřní straně zadního příděští.